

(19)



(11)

EP 2 302 481 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
30.03.2011 Patentblatt 2011/13

(51) Int Cl.:
G05D 1/00^(2006.01) G05D 1/10^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10009243.6**

(22) Anmeldetag: **06.09.2010**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME RS

(71) Anmelder: **LFK-Lenkflugkörpersysteme GmbH 86529 Schrobenhausen (DE)**

(72) Erfinder: **Schöttl, Alfred, Dr. 80809 München (DE)**

(74) Vertreter: **Avenhaus, Beate EADS Deutschland GmbH Patentabteilung 81663 München (DE)**

(30) Priorität: **18.09.2009 DE 102009042172**

(54) **Verfahren zur Bereitstellung von Steuerbefehlen für ein mittels einer Bedieneinheit lenkbares Fahrzeug und Steuerungssystem für ein derartiges Fahrzeug**

(57) Ein Verfahren zur Bereitstellung von Steuerbefehlen für ein mittels einer Bedieneinheit (1) lenkbares Fahrzeug (2) oder für eine Bilderfassungseinrichtung (20) des Fahrzeugs (2) mittels sequenzieller Anzeige von Bilddaten der Bilderfassungseinrichtung (20) des Fahrzeugs (2) auf einer Bildanzeigeeinrichtung (12) der mit dem Fahrzeug (2) über eine Datenübertragungsverbindung (3) verbundenen Bedieneinheit (1) weist die folgenden Schritte auf:

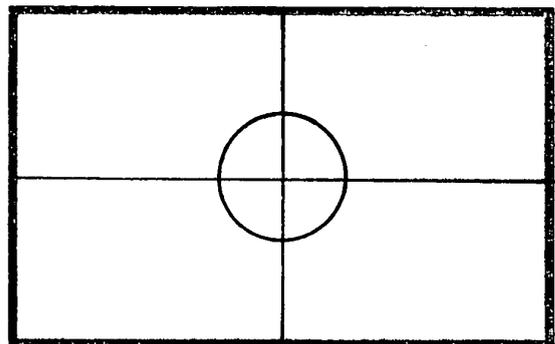
- a) Erfassen der Daten eines von der Bilderfassungseinrichtung (20) aufgenommenen Bildes;
- b) Erfassen von Fahrzeug-Zustandsdaten zum Zeitpunkt der Aufnahme des Bildes im Schritt a);
- c) Komprimieren der in Schritt a) erfassten Bilddaten;
- d) Übertragen der in Schritt c) komprimierten Bilddaten zusammen mit den in Schritt b) erfassten Fahrzeug-Zustandsdaten über die Datenübertragungsverbindung an die Bedieneinheit (1);
- e) Dekomprimieren der übertragenen Bilddaten zu einem Bild;
- f) Anzeigen des im Schritt e) erhaltenen Bildes auf der Bildanzeigeeinrichtung (12); g) Wiederholen der Schritte a) bis f);

und zeichnet sich dadurch aus, dass bei der Eingabe eines Bedienerbefehls in die Bedieneinheit (1), der eine Bewegungsrichtungsänderung des Fahrzeugs (2) und/oder eine Blickrichtungsänderung der Bilderfassungseinrichtung (20) bewirkt,

h) aus dem zuletzt im Schritt e) erhaltenen Bild unter Berücksichtigung der im Schritt d) übertragenen Fahrzeug-Zustandsdaten und des eingegebenen Bedienerbefehls durch Extrapolation des vorherigen Bildes ein neues Bild berechnet und

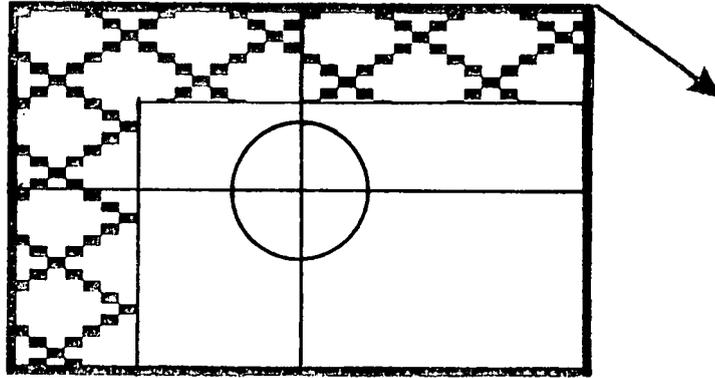
- i) anstatt des in Schritt e) erhaltenen Bildes auf der Bildanzeigeeinrichtung (12) angezeigt wird;
- j) Übertragen eines ermittelten Steuerbefehls über die Datenübertragungsverbindung an das Fahrzeug (2).

Fig. 2A



EP 2 302 481 A2

Fig. 2B



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bereitstellung von Steuerbefehlen für ein mittels einer Bedieneinheit lenkbares Fahrzeug oder für eine Bilderfassungseinrichtung des Fahrzeugs mittels sequenzieller Anzeige von Bilddaten der Bilderfassungseinrichtung des Fahrzeugs auf einer Bildanzeigeeinrichtung der mit dem Fahrzeug über eine Datenübertragungsverbindung verbundenen Bedieneinrichtung. Sie betrifft weiterhin ein Steuerungssystem mit zumindest einem lenkbaren Fahrzeug, zumindest einer Bedieneinrichtung für das Fahrzeug und einer Datenübertragungseinrichtung zum Austausch von Daten und/oder Signalen zwischen dem Fahrzeug und der Bedieneinrichtung. Vorzugsweise ist das Fahrzeug ein Luftfahrzeug, wie zum Beispiel ein bewaffneter Flugkörper.

[0002] Wird ein Fahrzeug, das eine Bilderfassungseinrichtung aufweist und die erfassten Bilder an eine Bedieneinheit überträgt, an der eine Bedienperson die angezeigten Bilder sieht, von der Bedienperson aufgrund dieser Bilder gesteuert, so tritt zwischen dem Erfassen eines Bildes im Fahrzeug und der Ankunft eines Steuersignals aufgrund eines auf der Basis des erfassten und angezeigten Bildes durchgeführten Bedienerbefehls eine nicht unerhebliche Latenzzeit auf. Diese Latenzzeit kann dazu führen, dass Bedienerbefehle als Reaktion der Bedienperson auf ein aufgenommenes Bild mit deutlicher Verspätung beim Fahrzeug ankommen, sodass auf diese Weise eine Steuerung des Fahrzeugs nicht erfolgreich durchführbar ist.

[0003] Zur Lösung dieser Latenzzeitproblematik ist es bei einem Flugkörper bekannt, zwischen dem Flugkörper und der Bedieneinheit eine Datenübertragungsvorrichtung mit einem breitbandigen Datenlink vorzusehen. Dabei erhält die Bedienperson mit einer nicht wahrnehmbaren Zeitverzögerung die von der Bilderfassungseinrichtung aufgenommene Bildsequenz oder Videosequenz auf der Bildanzeigeeinrichtung der Bedieneinheit angezeigt und kann so während des Fluges des Flugkörpers beispielsweise den Zielpunkt korrigieren. Das Bild wird durch die schnelle Datenverbindung fast ohne Latenzzeit an die Bedieneinheit der Bodenstation übertragen. Während des Fluges werden die Details des Ziels für die Bedienperson immer deutlicher sichtbar. Durch die schnelle Datenverbindung können die Bilder außerdem mit einer hohen Bildwiederholfrequenz übertragen werden, sodass sich eine fast ruckelfreie Videosequenz ergibt, die der Bedienperson eine gute Basis für eine Zielkorrektur bietet. Die Datenübertragung erfolgt dabei über ein Glasfaserkabel, das von einer Spule im Flugkörper während des Fluges abgewickelt wird. Dieses Glasfaserkabel stellt somit eine physische Verbindung zwischen dem fliegenden Flugkörper und der Bedieneinheit dar. Es ist offensichtlich, dass eine derartige physische Verbindung nur über eine begrenzte Entfernung zwischen

der Bedieneinheit und dem Zielpunkt aufrechterhalten werden kann. Eine Alternative zu dieser physischen Datenübertragungsverbindung mittels Glasfaserkabel oder Kupferkabel kann eine breitbandige Funkverbindung sein, die allerdings nur bei direkter Sichtverbindung zwischen der Bedieneinheit und dem Flugkörper und auch nur über verhältnismäßig kurze Entfernung realisierbar ist. Ist eine direkte Sichtverbindung zwischen der Bedieneinheit und dem fliegenden Flugkörper nicht möglich und kann oder soll kein Kabel mitgeführt werden, ist lediglich die Übertragung deutlich geringerer Datenraten über Funk möglich.

[0004] Derartige so genannte "Man-in-the-loop"-Steuerungen, bei denen eine Bedienperson das Fahrzeug auf der Grundlage von im Fahrzeug aufgenommenen Bildern fernsteuert, besitzen zwei nicht unerhebliche Vorteile. Die Bedienperson kann sich während der Annäherung des Fahrzeugs an ein Ziel oder eine Zielregion anhand der übertragenen Bilder orientieren und die Region bezüglich eines Zieles oder alternativer Ziele aufklären. Dazu kann der Bediener beispielsweise die Bilderfassungseinrichtung des Fahrzeugs über die Fernbedienung schwenken, sofern das Fahrzeug eine ausreichend lange Zeit unterwegs ist. Weiterhin hat die Bedienperson die Möglichkeit, das konkrete Ziel auszuwählen und entsprechende Bahnkorrekturen vorzunehmen. Je näher sich das Fahrzeug dem Ziel oder der Zielregion nähert, umso genauer kann das Ziel identifiziert werden. Aufgrund dieser Identifizierung kann entweder eine genauere Einweisung in Richtung Ziel erfolgen oder die Mission kann auch abgebrochen werden.

[0005] Steht anstelle einer breitbandigen Datenübertragungsverbindung nur eine schmalbandige Datenübertragungsverbindung zur Verfügung, so wird die Fernsteuerung des Fahrzeugs durch die Bedienperson schon deutlich schwieriger. bereits ein einfaches Schwenken des Suchkopfes mit der Bilderfassungseinrichtung durch den Benutzer, beispielsweise durchgeführt mittels eines Steuerknüppels an der Bedieneinheit, ist ohne zusätzliche Vorkehrungen für die Bedienperson kaum beherrschbar. Die Rückmeldung der Bewegung des Bedienknüppels, also des eingegebenen Bedienerbefehls für den Suchkopf, trifft als im Bild sichtbarer Schwenk erst mit großer Verzögerung und lange nach dem Betätigen des Steuerknüppels in der Bedieneinheit ein und wird dort auf der Bildanzeigeeinrichtung folglich mit großer Verspätung angezeigt. Diese Latenzzeiten oder Reaktionszeiten können selbst bei hohen Datenkompressionsraten im Sekundenbereich liegen. Auch eine Zielauswahl, also eine Steuerung des Fahrzeugs selbst, ist auf diese Weise nicht durchführbar.

[0006] Eine Alternative zu dieser latenzzeitbehafteten "Man-in-the-loop"-Steuerung wäre der Einsatz von Trackingverfahren, das heißt einer automatischen Verfolgung des Ziels im Bild. Derartige Trackingverfahren setzen jedoch anspruchsvolle Bildverarbeitungseinrichtungen an Bord des Fahrzeugs voraus und erhöhen die Kosten des Fahrzeugs wesentlich.

[0007] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Bereitstellung von Steuerbefehlen für ein mittels einer Bedieneinheit lenkbares Fahrzeug, insbesondere einen Flugkörper, oder für eine Bilderfassungseinrichtung des Fahrzeugs mittels sequenzieller Anzeige von Bilddaten der Bilderfassungseinrichtung des Fahrzeugs auf einer Bildanzeigeeinrichtung der mit dem Fahrzeug über eine Datenübertragungsverbindung verbundenen Bedieneinrichtung anzugeben, das es auch bei schmalbandigen Datenübertragungsverbindungen gestattet, Steuerbefehle zuverlässig und unter Minimierung der Auswirkungen einer Latenzzeit an das Fahrzeug zu übertragen.

[0008] Weiterhin ist es eine Aufgabe, ein Steuerungssystem mit zumindest einem lenkbaren Fahrzeug, zumindest einer Bedieneinrichtung für das Fahrzeug und einer Datenübertragungseinrichtung zum Austausch von Daten zwischen dem Fahrzeug und der Bedieneinrichtung anzugeben, das auch bei schmalbandiger Datenübertragungsverbindung eine zuverlässige Fernsteuerung des Fahrzeugs aufgrund der an die Bedieneinrichtung übertragenen Bilder ermöglicht.

[0009] Die das Verfahren betreffende Aufgabe wird durch das im Patentanspruch 1 angegebene Verfahren gelöst.

[0010] Dieses erfindungsgemäße Verfahren weist die folgenden Schritte auf:

- a) Erfassen der Daten eines von der Bilderfassungseinrichtung aufgenommenen Bildes;
- b) Erfassen von Fahrzeug-Zustandsdaten zum Zeitpunkt der Aufnahme des Bildes im Schritt a);
- c) Komprimieren der in Schritt a) erfassten Bilddaten;
- d) Übertragen der in Schritt c) komprimierten Bilddaten zusammen mit den in Schritt b) erfassten Fahrzeug-Zustandsdaten über die Datenübertragungsverbindung an die Bedieneinheit;
- e) Dekomprimieren der übertragenen Bilddaten zu einem Bild;
- f) Anzeigen des im Schritt e) erhaltenen Bildes auf der Bildanzeigeeinrichtung;
- g) Wiederholen der Schritte a) bis f).

[0011] Bei der Eingabe eines Bedienerbefehls in die Bedieneinheit, der eine Bewegungsrichtungsänderung des Fahrzeugs und/oder eine Blickrichtungsänderung der Bilderfassungseinrichtung bewirkt, werden erfindungsgemäß noch folgende Schritte durchgeführt:

- h) aus dem zuletzt im Schritt e) erhaltenen Bild wird unter Berücksichtigung der im Schritt d) übertragenen Fahrzeug-Zustandsdaten und des eingegebenen Bedienerbefehls durch Extrapolation des vorherigen Bildes ein neues Bild berechnet und
- i) anstatt des in Schritt e) erhaltenen Bildes auf der Bildanzeigeeinrichtung angezeigt und
- j) ein aus dem Bedienerbefehl ermittelter Steuerbefehl wird über die Datenübertragungsverbindung an

das Fahrzeug übertragen.

VORTEILE

[0012] Durch das erfindungsgemäße Verfahren werden der Bedienperson auf der Bildanzeigeeinrichtung nicht die mit Verzögerung eintreffenden realen Bilder von der Bilderfassungseinrichtung angezeigt, sondern hochgerechnete hypothetische Bilder, die sich aufgrund einer Voraussage ergeben. Ein solches hypothetisches Bild beruht auf einem real aufgenommenen Ursprungsbild und wird anhand der bekannten Fahrzeug-Zustandsdaten und des eingegebenen Bedienerbefehls zu einem hypothetischen Bild umgerechnet. Es wird folglich ein Bild angezeigt, welches der aktuellen Sicht der Bilderfassungseinrichtung voraussichtlich entspricht.

[0013] Dieses in der Bedieneinheit der Bodenstation durchgeführte so genannte Prädiktionsverfahren und der Einsatz von hochkomprimierenden Bildkompressionsverfahren bei geringer Bildwiederholfrequenz erlauben es dem Benutzer, das Schwenken des Suchkopfes und/oder eine sichere Zielauswahl wie in Echtzeitbetrachtung der von der Bilderfassungseinrichtung aufgenommenen Szene durchzuführen. Die in der Realität existierende Latenzzeit wirkt sich dabei nahezu nicht auf die Stabilität des Lenkregelkreises aus. Da auf der Seite des Fahrzeugs außer der Datenkompression zur Bildübertragung keine Bildverarbeitungsverfahren benötigt werden, führt das erfindungsgemäße Verfahren zu einer sehr kostengünstigen Fernsteuerungsmöglichkeit des Fahrzeugs. Voraussetzung dafür ist lediglich die Verfügbarkeit von Navigationsinformationen auf Seiten des Fahrzeugs.

Weitere bevorzugte und vorteilhafte Ausgestaltungsmerkmale des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den Unteransprüchen 2 bis 11 angegeben.

[0015] Eine bevorzugte Weiterbildung des Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass die Fahrzeug-Zustandsdaten die navigierte Position des Fahrzeugs, die Lage zumindest der Längsachse des Fahrzeugs und deren Ausrichtung sowie die vom Fahrzeug anzusteuende Zielposition enthalten.

[0016] Weiter vorteilhaft ist es, wenn die Fahrzeug-Zustandsdaten Daten der Richtung der optischen Achse der Bilderfassungseinrichtung und von deren Blickrichtung enthalten.

[0017] Dabei ist es besonders von Vorteil, wenn die Daten der Richtung der optischen Achse, vorzugsweise als Eulerwinkel, Quaternionen oder Transformationsmatrizen, erfasst und übertragen werden. Liegt eine auf dem Fahrzeug schwenkbare Bilderfassungseinrichtung vor, so ist es von Vorteil, die gemessenen Schwenkwinkel (Gimbalwinkel) zu erfassen und übertragen.

[0018] Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Richtung zur Zielposition und/oder die Richtung der optischen Achse und/oder die Richtung der Längsachse des Fahrzeugs im Bild, vorzugsweise als Fadenkreuz, angezeigt.

[0019] In einer besonders bevorzugten Weiterbildung

des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst die Extrapolation des vorherigen Bildes bei der Eingabe eines Bedienerbefehls zur Blickrichtungsänderung der Bilderfassungseinrichtung die Schritte:

- h1) Ermitteln der Richtung der optischen Achse der Bilderfassungseinrichtung aus den im Schritt d) übertragenen Fahrzeug-Zustandsdaten;
- h2) Ermitteln der kommandierten Richtung der optischen Achse aus dem eingegebenen Bedienerbefehl;
- h3) Bestimmen eines neuen Bildes durch Verändern des vorherigen Bildes unter Berücksichtigung der kommandierten Richtung der optischen Achse;
- h4) Übertragen der in Schritt h2) ermittelten kommandierten Richtung der optischen Achse an das Fahrzeug;
- h5) Berechnen neuer kommandierter Gimbalwinkel für die Bilderfassungseinrichtung im Bordrechner des Fahrzeugs unter Verwendung der übertragenen kommandierten Richtung der optischen Achse und der navigierten Fahrzeuglage und
- h6) Schwenken der Bilderfassungseinrichtung entsprechend der im Schritt h5) berechneten kommandierten Gimbalwinkel.

[0020] Dabei ist es besonders von Vorteil, wenn zur Bestimmung des neuen Bildes im Schritt h3) folgende Schritte durchgeführt werden:

- h3.1) Schätzen einer neuen Richtung der optischen Achse ausgehend von der vorherigen Richtung der optischen Achse anhand eines Modells der Fahrzeugdynamik und der Gimbalwinkel der schwenkbaren Bilderfassungseinrichtung unter Verwendung der kommandierten Richtung der optischen Achse;
- h3.2) Transformieren des Bildes unter Zugrundelegung der neuen, geschätzten Richtung der optischen Achse.

[0021] Bevorzugterweise werden die Schritte h1) bis h6) sowie i) und j) und vorzugsweise die Schritte h3.1) und h3.2) bei Änderungen des Bedienerbefehls kontinuierlich wiederholt.

[0022] Im Falle der Eingabe eines Bedienerbefehls zur Änderung der Bewegungsrichtung des Fahrzeugs umfasst die Extrapolation des vorherigen Bildes vorzugsweise folgende Schritte:

- k1) Ermitteln der Richtung der optischen Achse der Bilderfassungseinrichtung aus den im Schritt d) übertragenen Fahrzeug-Zustandsdaten;
- k2) Ermitteln des Steuerbefehls, also der kommandierten Bewegungsrichtung oder des kommandierten Bewegungsziels, aus dem eingegebenen Bedienerbefehl;
- k3) Bestimmen eines neuen Bildes durch Verändern des vorherigen Bildes unter Berücksichtigung des in

- Schritt k2) ermittelten Steuerbefehls;
- k4) Übertragen des in Schritt k2) ermittelten Steuerbefehls an das Fahrzeug;
- k5) Berechnen neuer Fahrzeug-Steuerbefehle (zum Beispiel Beschleunigungskommandos) im Bordrechner des Fahrzeugs unter Verwendung der in Schritt k2) ermittelten Steuerbefehle sowie der navigierten Fahrzeugdaten (wie zum Beispiel Fahrzeugposition, Fahrzeuglage und Bewegungsrichtung) und
- k6) Ausführen des in Schritt k5) ermittelten Fahrzeug-Steuerbefehls.

[0023] Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn zur Bestimmung des neuen Bildes im Schritt k3) folgende Schritte durchgeführt werden:

- k3.1) Schätzen einer neuen Fahrzeuglage und Bewegungsrichtung ausgehend von der vorherigen Fahrzeuglage und Bewegungsrichtung anhand eines Modells der Fahrzeugdynamik;
- k3.2) Transformieren des Bildes unter Zugrundelegung der neuen, geschätzten Fahrzeuglage und Bewegungsrichtung.

[0024] Vorzugsweise werden dabei die Schritte k1) bis k6) sowie i) und j) und vorzugsweise die Schritte k3.1) und k3.2) bei Änderungen des Bedienerbefehls kontinuierlich wiederholt.

[0025] Vorteilhaft ist es auch, wenn die optische Achse der Bilderfassungseinrichtung in Richtung auf die Zielposition eingestellt wird oder ist.

[0026] Der das Steuerungssystem betreffende Teil der Aufgabe wird gelöst durch das Steuerungssystem mit den Merkmalen des Patentanspruchs 12.

[0027] Das erfindungsgemäße Steuerungssystem umfasst zumindest ein lenkbares Fahrzeug, zumindest eine Bedieneinheit für das Fahrzeug und eine Datenübertragungseinrichtung zum Austausch von Daten und/oder Signalen zwischen dem Fahrzeug und der Bedieneinheit. Das Fahrzeug weist zumindest einen mit einer Bilderfassungseinrichtung versehenen Suchkopf, eine Bildsignalverarbeitungseinrichtung, eine fahrzeugseitige Sende- und Empfangseinheit sowie eine Steuerungseinrichtung für das Fahrzeug auf. Die Bedieneinheit weist eine bedieneinheitsseitige Sende- und Empfangseinheit, eine Signalverarbeitungseinrichtung, eine Bildanzeigeneinrichtung und eine Befehlseingabeeinrichtung auf. Der fahrzeugseitige Sende- und Empfangseinheit ist eine Datenkompressionseinrichtung und der bedieneinheitsseitigen Sende- und Empfangseinheit eine Datendekompressionseinrichtung zugeordnet und die Signalverarbeitungseinrichtung der Bedieneinheit ist so ausgestaltet, dass sie von der Bilderfassungseinrichtung des Fahrzeugs empfangene Bilddaten zeitlich aufeinander folgender Bilder an die Bildanzeigeneinrichtung weiterleitet, wobei nach Eingabe eines Bedienerbefehls zur Bewegungsrichtungsänderung des Fahrzeugs und/oder zur

Blickrichtungsänderung der Bilderfassungseinrichtung in die Bedieneinheit ein neues Bild durch Extrapolation des zuletzt empfangenen und angezeigten Bildes gemäß einem erfindungsgemäßen Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche unter Berücksichtigung von Fahrzeug-Zustandsdaten und des eingegebenen Bedienerbefehls berechnet und auf der Bildanzeigeeinrichtung angezeigt wird. Der aus dem Bedienerbefehl ermittelte Steuerbefehl wird dann mittels der Datenübertragungseinrichtung an das Fahrzeug übertragen und im Fahrzeug umgesetzt.

[0028] Ein derartiges Steuerungssystem, das nach dem erfindungsgemäßen Verfahren arbeitet, stellt eine kostengünstige Fernsteuerung des Fahrzeugs durch eine menschliche Bedienperson von einer die Bedieneinrichtung aufweisenden Bedienstation dar.

[0029] Vorzugsweise ist das Fahrzeug ein Luftfahrzeug, wie beispielsweise ein bewaffneter Flugkörper, der von einer Bodenstation ferngesteuert wird.

[0030] Bei diesem Steuerungssystem sind die eingangs genannten Vorteile der Fernsteuerung nach dem "Man-in-the-loop"-Verfahren verwirklicht. Die Bedienperson kann sich folglich während der Fahrt beziehungsweise während des Fluges durch Schwenken der Bilderfassungseinrichtung orientieren. Sie kann weiterhin bei der Annäherung an ein Ziel Bahnkorrekturen aufgrund des auf der Bildanzeigeeinrichtung dargestellten Bildes oder sogar einen Missionsabbruch durchführen.

[0031] Das erfindungsgemäße Steuerungssystem bildet, wenn das Fahrzeug bewaffnet ist, vorzugsweise von einem bewaffneten Flugkörper gebildet ist, ein neuartiges Waffensystem.

[0032] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung mit zusätzlichen Ausgestaltungsdetails und weiteren Vorteilen sind nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher beschrieben und erläutert.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0033] Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Prinzipdarstellung des erfindungsgemäßen Steuerungssystems mit dem Funktionsablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens beim Schwenken der Bilderfassungseinrichtung am Beispiel eines Flugkörpers;

Fig. 2A und 2B eine Prinzipdarstellung der vom erfindungsgemäßen Verfahren bewirkten Bildprädiktion;

Fig. 3 eine schematische Prinzipdarstellung des erfindungsgemäßen Steuerungssystems mit dem Funktionsablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens bei

einer Änderung der Bahn des Fahrzeugs am Beispiel eines Flugkörpers; und

5 Fig. 4A und 4B eine Bildanzeige vor und nach Abgabe eines Schwenkkommandos.

DARSTELLUNG VON BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELEN

10 **[0034]** Fig. 1 zeigt ein Prinzipschaltbild eines erfindungsgemäßen Steuerungssystems am Beispiel eines bewaffneten Flugkörpers. Das Steuerungssystem besteht aus einem Flugkörper 2 und einer Bedieneinheit 1 zur Fernsteuerung des Flugkörpers 2. Fig. 1 gibt den Signalfluss und den Funktionsablauf wieder, der bei der Eingabe eines Schwenkbefehls für die Bilderfassungseinrichtung gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren erfolgt.

20 **[0035]** Die Bedieneinheit 1 ist mit dem Flugkörper 2 über eine als Datenlink oder auch als Datenübertragungsverbindung bezeichnete Datenkommunikationsverbindung 3 zum gegenseitigen Austausch von Daten und/oder Signalen verbunden.

25 **[0036]** Die Datenkommunikationsverbindung 3 umfasst eine der Bedieneinheit 1 zugeordnete erste Sendeeinrichtung 31, eine dem Flugkörper 2 zugeordnete zweite Sendeeinrichtung 32, sowie eine drahtlose Übertragungsstrecke 30 für die Daten und/oder Signale.

30 **[0037]** Eine als Bediener 4 bezeichnete Bedienperson bedient die Bedienstation 2, die unter anderem Bedienelemente einer Befehlseingabeeinrichtung 10, wie beispielsweise ein Eingabeinstrument (zum Beispiel einen Steuerknüppel oder Joystick), enthält und der eine Bildanzeigeeinrichtung 12 zugeordnet ist.

35 **[0038]** Der Flugkörper 2 weist eine Bilderfassungseinrichtung 20 auf, die einen Aufnahmesensor zur Bildaufnahme, beispielweise eine Kamera, sowie einen Computer zur Bildverarbeitung und zur Bilddatenkompression enthält. Die Bilderfassungseinrichtung 20 oder deren Kamera ist in bekannter Weise schwenkbar in der Nase des Flugkörpers angeordnet.

40 **[0039]** Des Weiteren ist der Flugkörper 2 mit einer Navigationseinrichtung versehen, die Bestandteil einer Einrichtung 22 zur Ermittlung von Flugkörper-Zustandsdaten ist. Diese Einrichtung 22 zur Ermittlung von Flugkörper-Zustandsdaten enthält geeignete Sensoren zur Bestimmung von zumindest der Flugkörperlage und der Flugrichtung, und kann über die Navigationseinrichtung die aktuelle Position des Flugkörpers bestimmen. Der Flugkörper 2 ist darüber hinaus mit einem - nicht gezeigten - Bordcomputer versehen, der in der Lage ist, Berechnungen zur Steuerung des Flugkörpers und zur Steuerung der Bilderfassungseinrichtung durchzuführen.

55 **[0040]** Die Bilderfassungseinrichtung 20 des Flugkörpers nimmt ein Bild auf. Dieses Bild wird dann entweder

im Computer der Bilderfassungseinrichtung 20 oder im Bordcomputer verarbeitet und gegebenenfalls optimiert, beispielsweise mittels einer Kontrastkorrektur. Anschließend werden die Daten dieses aufbereiteten Bildes für die Datenübertragung komprimiert.

[0041] Parallel zur Bildaufnahme erfolgt im Zeitpunkt der Bildaufnahme eine Erfassung von Flugkörper-Zustandsdaten. Diese Flugkörper-Zustandsdaten umfassen zumindest die navigierte Position des Flugkörpers und dessen Fluglage und Flugsicherung, die Zielposition und bei einem schwenkbaren Aufnahmesensor der Bilderfassungseinrichtung auch die an den Schwenkachsen gemessenen Gimbalwinkel, das heißt die Neigungen der optischen Achse des Aufnahmesensors der Bilderfassungseinrichtung 20 relativ zu den flugkörperfesten Achsen. Die hieraus gewonnene Information über die Richtung und die Position der optischen Achse des aufgenommenen Bildes wird zusammen mit den komprimierten Bilddaten verschlüsselt und als kodierter Datenstrom von der zweiten Sende-/Empfangseinrichtung 32 über die drahtlose Übertragungsstrecke 30 an die erste Sende-/Empfangseinrichtung 31 und von dort an der Bedienstation 1 übertragen.

[0042] In der Bedienstation 1 werden die ankommenden kodierten Daten zunächst dekodiert und die Richtung und die Position der optischen Achse des Bildes werden ermittelt. Die in den empfangenen Daten enthaltenen Bilddaten werden anschließend dekomprimiert und auf der Bildwiedergabeeinrichtung 12 dem Bediener 4 dargestellt. Vorzugsweise werden in das dargestellte Bild zusätzliche Informationen eingeblendet, wie zum Beispiel die Richtung der optischen Achse in Form eines Fadenkreuzes. Dadurch wird die Bedienbarkeit und somit die Steuerbarkeit des Flugkörpers beziehungsweise der schwenkbaren Bilderfassungseinrichtung 20 erleichtert.

[0043] Betätigt der Bediener 4 den Steuerknüppel der Bedienelemente 10 zum Zweck der Schwenkung der Bilderfassungseinrichtung 20 beziehungsweise des Aufnahmesensors der Bilderfassungseinrichtung, so laufen die nachstehend beschriebenen Prozesse in der Bedieneinheit ab.

[0044] Zunächst wird das vom Flugkörper gesendete Bild auf der Bildanzeigeeinrichtung 12 der Bedieneinheit 1 dargestellt. Aus den empfangenen Flugkörper-Zustandsdaten wird die Richtung der optischen Achse des übertragenen Bildes ermittelt. Aufgrund der Latenzzeit bei der Datenübertragung vom Flugkörper 2 über die Datenübertragungsverbindung 3 zur Bedieneinheit 1 entsprechen das dargestellte Bild und die ermittelte optische Achse nicht dem Echtzeit-Zustand, sondern einem zeitlich zurückliegenden Zustand.

[0045] Gibt der Bediener 4 nun über den Steuerknüppel ein Kommando zum Schwenken der optischen Achse der Bilderfassungseinrichtung beziehungsweise von deren Aufnahmesensor, so würde es wieder eine Zeit lang dauern, bis das aus der Schwenkbewegung resultierende Bild auf der Bildanzeigeeinrichtung angezeigt würde.

Diese Latenz führt zu einer hohen Totzeit im Regelkreis zwischen Bediener 4, der Steuerung und der Bewegung der Bilderfassungseinrichtung 20.

[0046] Zur Kompensation dieser Latenz ermittelt die Bedieneinheit auf der Basis der über den Steuerknüppel der Bedienelemente 10 eingegebenen Bediendaten die Richtung der kommandierten optischen Achse und die Differenz zur optischen Achse des aktuell von der Bildanzeigeeinrichtung 12 dargestellten Bildes. In der Bedieneinheit 1 ist ein Modell der Flugkörperdynamik und der Gimbal-dynamik, also der Dynamik der Schwenkbewegungen der Bilderfassungseinrichtung beziehungsweise von deren Aufnahmesensor, implementiert. Anhand dieses Bewegungsmodells wird in einem Computer der Bedieneinheit auf der Grundlage der realen optischen Achse des angezeigten Bildes und der berechneten kommandierten optischen Achse die zum gegenwärtigen Zeitpunkt vorliegende optische Achse geschätzt und das aktuellste vom Flugkörper 2 empfangene Bild wird entsprechend dieser geschätzten realen optischen Achse transformiert. Diese so genannte Bildprädiktion liefert ein prädiertes (geschätztes) Bild, das dann anstelle des zuletzt übertragenen Bildes von der Bildanzeigeeinrichtung 12 angezeigt wird.

[0047] Im einfachsten Fall kann diese Bildprädiktion durch Verschieben und gegebenenfalls Skalieren des zuletzt empfangenen Bildes erfolgen. Die dabei fehlenden Bildteile, die im ursprünglichen Bild nicht sichtbar gewesen sind, werden auf geeignete Weise ergänzt, beispielsweise durch einfarbige Balken oder durch eine Gitterstruktur, wie in der Beispieldarstellung der Fig. 2A und 2B gezeigt ist.

[0048] Fig. 2A zeigt ein empfangenes Bild und Fig. 2B ein prädiertes Bild, das durch Verschieben des empfangenen Bildes nach rechts unten entstanden ist. Der Bereich des prädierten Bildes, für den keine reale Bildinformation vorliegt, wurde in der Darstellung der Fig. 2B durch eine Gitterstruktur ersetzt.

[0049] Die Abfrage neuer Bedienkommandos und die Prädiktionsdarstellung des jeweiligen prädierten Bildes werden kontinuierlich wiederholt. Dadurch erhält der Bediener ein direktes optisches Feedback auf seine Benutzereingriffe, also auf seine über die Bedienelemente 10 eingegebenen Bedienerbefehle. Aus diesen Bedienerbefehlen oder Bedienkommandos werden Steuerbefehle in Form der Daten für die kommandierte optische Achse ermittelt und über die Datenübertragungsverbindung 3 an den Flugkörper 2 übertragen.

[0050] Der Flugkörper bestimmt zunächst die eigene Flugkörperlage und Flugkörperposition mittels seiner Navigationseinrichtung und errechnet aus dieser navigierten Flugkörperlage und aus der empfangenen kommandierten optischen Achse die neuen kommandierten Gimbalwinkel für die schwenkbare Bilderfassungseinrichtung 20 beziehungsweise für deren schwenkbaren Aufnahmesensor. Anschließend wird auf der Basis dieser neuen kommandierten Gimbalwinkel eine Schwenkung der Bilderfassungseinrichtung 20 beziehungsweise

von deren Aufnahmesensor durchgeführt.

[0051] Wesentlich bei diesem erfindungsgemäßen Prinzip ist die asynchrone Realisierung, die die Latenzzeitproblematik abmildert. Sobald ein neues übertragene Bild vorliegt, wird dieses das prädizierte Bild ersetzt. Da das neu empfangene Bild dem vorher angezeigten prädizierten Bild ähnelt, wird der optisch wahrnehmbare Bildsprung gering sein und der Bediener wird in seiner Bedientätigkeit nicht behindert. Im Idealfall werden dann lediglich die im prädizierten Bild fehlenden Bildteile ergänzt. Analog kann im Flugkörper ein neues Bild aufgenommen werden, auch während das letzte Bedienerkommando noch nicht vollständig an den Flugkörper übertragen und dort realisiert wurde. Dazu ist es erforderlich, mit dem Bild stets die gemessenen (also die im Moment der Bildaufnahme vorliegenden) Gimbalwinkel oder unter Verwendung der navigierten Flugkörperlage die daraus errechnete aktuelle Richtung der optischen Achse zu übertragen.

[0052] Anhand der Fig. 3 wird nachfolgend ein Beispiel angegeben, bei welchem die vom Bediener 4 über die Bedienelemente 10 eingegebenen Bedienerbefehle der Änderung der Flugbahn dienen, wenn der Flugkörper beispielsweise ein neues Ziel anfliegen soll oder wenn die Flugrichtung zum Ziel korrigiert werden soll. Die Vorgehensweise und der Verfahrenslauf sind im wesentlichen die gleichen wie bei der Verschwenkung der optischen Achse der Bilderfassungseinrichtung 20, wie sie im Zusammenhang mit der Fig. 1 beschrieben worden ist.

[0053] Auch hier kann zwischen dem übertragenen und von der Bildanzeigeeinrichtung 12 angezeigten Bild und der im Flugkörper zum Anzeigzeitpunkt vorliegenden Zielinformation eine deutliche Latenzzeit vorliegen.

[0054] Zusätzlich zu den Daten der optischen Achse des Aufnahmesensors beziehungsweise der Bilderfassungseinrichtung 20 wird bei dieser Realisierungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens die durch den Bedienerbefehl, den der Bediener 4 über die Bedienelemente 10 in die Bedieneinheit 1 eingibt, bestimmte kommandierte Richtung zum Ziel übertragen. Auf der Anzeigeeinrichtung 12 der Bedieneinheit 1 werden die Richtung der optischen Achse und die Richtung zum Ziel, beispielsweise als Fadenkreuze, angezeigt. Der Bediener 4 kann beide Richtungen mittels der Bedienelemente 10 beeinflussen. Befindet sich das Ziel nicht in Richtung der optischen Achse, also nicht in der Bildmitte, wird die Zielposition von Bild zu Bild springen und letztlich aus dem Bild wandern. Dies erschwert die Korrektur der Zielposition durch den Bediener erheblich. Daher ist es während des Endanflugs sinnvoll, die optische Achse des Suchkopfs in Richtung der geplanten Zielposition zu regeln.

[0055] Der vom Bediener 4 über die Bedienelemente 10 eingegebene Bedienerbefehl für die Zielposition wird in der Bedieneinheit 1 zunächst zur Berechnung einer kommandierten Zielposition herangezogen. Diese kommandierte Zielposition wird dann zusammen mit der vom Flugkörper 2 empfangenen aktuellen Zielposition der

Bildprädiktionsberechnung auf der Grundlage des Modells der Flugkörperdynamik und der Gimbalodynamik unterzogen. Das daraufhin erhaltene prädizierte Bild wird, wie im Beispiel der Fig. 1, auf der Bildanzeigeeinrichtung 12 dargestellt. Zugleich werden die Daten der kommandierten Zielposition, also die kommandierte Richtung vom Flugkörper 2 zum Ziel, über die Datenübertragungsverbindung 3 zum Flugkörper 2 übertragen. Dort wird in der Einrichtung 22 zur Ermittlung von Flugkörper-Zustandsdaten aufgrund der übertragenen kommandierten Richtung vom Flugkörper zur Zielposition die kommandierte Zielposition berechnet und zur Berechnung der Position des Ziels im aufgenommenen Bild herangezogen. Diese die Position des Ziels beinhaltenden Bilddaten werden dann wie im Beispiel der Fig. 1 zur Bedieneinheit übertragen.

[0056] In den Fig. 4A und 4B ist anhand eines von der Bilderfassungseinrichtung 20 des Flugkörpers 2 aufgenommenen realen Bildes (Fig. 4A) und eines prädizierten Bildes (Fig. 4B) eine Prädiktion der Darstellung einer sich verändernden Zielposition gezeigt.

[0057] In Fig. 4A ist die Richtung der optischen Achse der Bilderfassungseinrichtung 20 (Bildmitte) durch ein erstes Fadenkreuz A markiert und die Flugrichtung des Flugkörpers, die dem Geschwindigkeitsvektor des Flugkörpers entspricht, durch ein zweites Fadenkreuz B markiert. Die optische Achse der Bilderfassungseinrichtung 20 ist auf das anzufliegende Ziel gerichtet und stimmt folglich in diesem Beispiel mit dem vom Flugkörper auf das Ziel gerichteten Zielvektor überein. Der Geschwindigkeitsvektor des Flugkörpers (Fadenkreuz B) weicht während des Fluges auf Grund der gewählten Flugbahn (zum Beispiel einer ballistischen Bahn) von der optischen Achse beziehungsweise dem Zielvektor ab. Gegen Ende des Fluges wird sich auch Fadenkreuz B in die Bildmitte bewegen.

[0058] In Fig. 4B ist weiterhin durch ein drittes Fadenkreuz C die Richtung auf ein vom Bediener anvisiertes und über die Betätigung der Bedieneinheit ausgewähltes neues Ziel angezeigt. Bei dem hier simulierten Flugkörper schwenkt der mit der Bilderfassungseinrichtung 20 versehene Suchkopf (und mit ihm letztlich der gesamte Flugkörper) in Richtung des anvisierten neuen Ziels.

[0059] Wird das Bild für eine neue Zieleinweisung geschwenkt (Fig. 4B), so wird das Fadenkreuz A, das die bisherige optische Achse repräsentiert hat und daher in Fig. 4A deckungsgleich mit dem Fadenkreuz C ist, aus der Bildmitte des prädizierten Bildes wandern. Nach einiger Zeit wird der Suchkopf die vorsimulierte Schwenkbewegung tatsächlich durchführen und das zugehörige Fadenkreuz A wird sich wieder in die Bildmitte bewegen.

[0060] Im Idealfall (Fig. 4A) stimmen also das Fadenkreuz A und das Fadenkreuz C überein und gegen Ende des Fluges wird sich auch Fadenkreuz B in die Bildmitte bewegen.

[0061] Auch wenn die Erfindung in den Ausführungsbeispielen an Hand eines Flugkörpers als Fahrzeug beschrieben worden ist, so sind das erfindungsgemäße

Verfahren und die erfindungsgemäße Steuerungseinrichtung auch mit anderen Fahrzeugen, wie beispielsweise Landfahrzeugen, Wasserfahrzeugen oder Welt- raumfahrzeugen realisierbar.

[0062] Bezugszeichen in den Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen dienen lediglich dem besseren Verständnis der Erfindung und sollen den Schutzzumfang nicht einschränken.

Bezugszeichenliste

[0063] Es bezeichnen:

- | | | |
|----|---|--|
| 1 | Bedieneinheit | |
| 2 | Flugkörper (Fahrzeug) | |
| 3 | Datenübertragungsverbindung | |
| 4 | Bedienperson oder Bediener | |
| 10 | Befehlseingabeeinrichtung | |
| 12 | Bildanzeigeeinrichtung | |
| 20 | Bilderfassungseinrichtung | |
| 22 | Einrichtung zur Ermittlung von Flugkörper-Zustandsdaten | |
| 30 | Übertragungsstrecke | |
| 31 | erste Sende- und Empfangseinrichtung | |
| 32 | zweite Sende- und Empfangseinrichtung | |

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bereitstellung von Steuerbefehlen für ein mittels einer Bedieneinheit (1) lenkbares Fahrzeug (2) oder für eine Bilderfassungseinrichtung (20) des Fahrzeugs (2) mittels sequenzieller Anzeige von Bilddaten der Bilderfassungseinrichtung (20) des Fahrzeugs (2) auf einer Bildanzeigeeinrichtung (12) der mit dem Fahrzeug (2) über eine Datenübertragungsverbindung (3) verbundenen Bedieneinheit (1) mit den Schritten:

- a) Erfassen der Daten eines von der Bilderfassungseinrichtung (20) aufgenommenen Bildes;
- b) Erfassen von Fahrzeug-Zustandsdaten zum Zeitpunkt der Aufnahme des Bildes im Schritt a);
- c) Komprimieren der in Schritt a) erfassten Bilddaten;
- d) Übertragen der in Schritt c) komprimierten Bilddaten zusammen mit den in Schritt b) erfassten Fahrzeug-Zustandsdaten über die Datenübertragungsverbindung an die Bedieneinheit (1);
- e) Dekomprimieren der übertragenen Bilddaten zu einem Bild;
- f) Anzeigen des im Schritt e) erhaltenen Bildes auf der Bildanzeigeeinrichtung (12);
- g) Wiederholen der Schritte a) bis f);

dadurch gekennzeichnet,

dass bei der Eingabe eines Bedienerbefehls in die Bedieneinheit (1), der eine Bewegungsrichtungsänderung des Fahrzeugs (2) und/oder eine Blickrichtungsänderung der Bilderfassungseinrichtung (20) bewirkt,

h) aus dem zuletzt im Schritt e) erhaltenen Bild unter Berücksichtigung der im Schritt d) übertragenen Fahrzeug-Zustandsdaten und des eingegebenen Bedienerbefehls durch Extrapolation des vorherigen Bildes ein neues Bild berechnet und

i) anstatt des in Schritt e) erhaltenen Bildes auf der Bildanzeigeeinrichtung (12) angezeigt wird; j) Übertragen eines aus dem Bedienerbefehl ermittelten Steuerbefehls über die Datenübertragungsverbindung an das Fahrzeug (2).

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Fahrzeug-Zustandsdaten die navigierte Position des Fahrzeugs (2), die Lage zumindest der Längsachse des Fahrzeugs (2) und deren Ausrichtung sowie die vom Fahrzeug (2) anzusteuern- de Zielposition enthalten.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Fahrzeug-Zustandsdaten Daten der Richtung der optischen Achse der Bilderfassungseinrichtung (20) enthalten.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Richtung zur Zielposition und/oder die Richtung der optischen Achse und/oder die Richtung der Bewegungsrichtung des Fahrzeugs im Bild, vorzugsweise als Fadenkreuz, angezeigt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass bei Eingabe eines Bedienerbefehls zur Blickrichtungsänderung der Bilderfassungseinrichtung die Extrapolation des vorherigen Bildes folgende Schritte umfasst:

- h1) Ermitteln der Richtung der optischen Achse der Bilderfassungseinrichtung aus den im Schritt d) übertragenen Fahrzeug-Zustandsdaten;
- h2) Ermitteln der kommandierten Richtung der optischen Achse aus dem eingegebenen Bedienerbefehl;
- h3) Bestimmen eines neuen Bildes durch Verändern des vorherigen Bildes unter Berücksichtigung der kommandierten Richtung der opti-

- schen Achse;
h4) Übertragen der in Schritt h2) ermittelten kommandierten Richtung der optischen Achse an das Fahrzeug;
h5) Berechnen neuer kommandierter Gimbalwinkel für die Bilderfassungseinrichtung im Bordrechner des Fahrzeugs unter Verwendung der übertragenen kommandierten Richtung der optischen Achse und der navigierten Fahrzeuglage und
h6) Schwenken der Bilderfassungseinrichtung entsprechend der im Schritt h5) berechneten kommandierten Gimbalwinkel.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Bestimmung des neuen Bildes im Schritt h3) folgende Schritte durchgeführt werden:
- h3.1) Schätzen einer neuen Richtung der optischen Achse ausgehend von der vorherigen Richtung der optischen Achse anhand eines Modells der Fahrzeugdynamik und der Gimbal-dynamik der schwenkbaren Bilderfassungseinrichtung unter Verwendung der kommandierten Richtung der optischen Achse;
h3.2) Transformieren des Bildes unter Zugrundelegung der neuen, geschätzten Richtung der optischen Achse.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schritte h1) bis h6) sowie i) und j) und vorzugsweise die Schritte h3.1) und h3.2) bei Änderungen des Bedienerbefehls kontinuierlich wiederholt werden.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Eingabe eines Bedienerbefehls zur Änderung der Bewegungsrichtung des Fahrzeugs die Extrapolation des vorherigen Bildes folgende Schritte umfasst:
- k1) Ermitteln der Richtung der optischen Achse der Bilderfassungseinrichtung aus den im Schritt d) übertragenen Fahrzeug-Zustandsdaten;
k2) Ermitteln des Steuerbefehls, also der kommandierten Bewegungsrichtung oder des kommandierten Bewegungsziels, aus dem eingegebenen Bedienerbefehl;
k3) Bestimmen eines neuen Bildes durch Verändern des vorherigen Bildes unter Berücksichtigung des in Schritt k2) ermittelten Steuerbefehls;
k4) Übertragen des in Schritt k2) ermittelten Steuerbefehls an das Fahrzeug;
k5) Berechnen neuer Fahrzeug-Steuerbefehle im Bordrechner des Fahrzeugs unter Verwendung der in Schritt k2) ermittelten Steuerbefehle sowie der navigierten Fahrzeugdaten und
k6) Ausführen des in Schritt k5) ermittelten Fahrzeug-Steuerbefehls.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Bestimmung des neuen Bildes im Schritt k3) folgende Schritte durchgeführt werden:
- k3.1) Schätzen einer neuen Fahrzeuglage und Bewegungsrichtung ausgehend von der vorherigen Fahrzeuglage und Bewegungsrichtung anhand eines Modells der Fahrzeugdynamik;
k3.2) Transformieren des Bildes unter Zugrundelegung der neuen, geschätzten Fahrzeuglage und Bewegungsrichtung.
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schritte k1) bis k6) sowie i) und j) und vorzugsweise die Schritte k3.1) und k3.2) bei Änderungen des Bedienerbefehls kontinuierlich wiederholt werden.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Richtung der optischen Achse der Bilderfassungseinrichtung (20) in Richtung auf die Zielposition eingestellt wird.
12. Steuersystem mit zumindest einem lenkbaren Fahrzeug (2), zumindest einer Bedieneinheit (1) für das Fahrzeug (2) und einer Datenübertragungseinrichtung (3) zum Austausch von Daten und/oder Signalen zwischen dem Fahrzeug (2) und der Bedieneinheit (1),
- wobei das Fahrzeug (2) zumindest einen mit einer Bilderfassungseinrichtung (20) versehenen Suchkopf, eine Bildsignalverarbeitungseinrichtung, eine fahrzeugseitige Sende- und Empfangseinheit (32) sowie eine Steuerungseinrichtung für das Fahrzeug (2) aufweist;
 - wobei die Bedieneinheit (1) eine bedieneinheitsseitige Sende- und Empfangseinheit (31), eine Signalverarbeitungseinrichtung, eine Bildanzeigeeinrichtung (12) und eine Befehlseingabeeinrichtung (10) aufweist;
 - wobei der fahrzeugseitigen Sende- und Empfangseinheit (32) eine Datenkompressionseinrichtung und der bedieneinheitsseitigen Sende- und Empfangseinheit (31) eine Datendekompressionseinrichtung zugeordnet ist und

- wobei die Signalverarbeitungseinrichtung der Bedieneinheit (1) so ausgestaltet ist, dass sie von der Bilderfassungseinrichtung (20) des Fahrzeugs (2) empfangene Bilddaten zeitlich aufeinander folgender Bilder an die Bildanzeigeeinrichtung (12) weiterleitet; 5
 - wobei nach Eingabe eines Bedienerbefehls zur Bewegungsrichtungsänderung des Fahrzeugs (2) und/oder zur Blickrichtungsänderung der Bilderfassungseinrichtung (20) in die Bedieneinheit (1) ein neues Bild durch Extrapolation des zuletzt empfangenen und angezeigten Bildes gemäß einem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche unter Berücksichtigung von Fahrzeug-Zustandsdaten und des eingegebenen Bedienerbefehls berechnet und auf der Bildanzeigeeinrichtung (12) angezeigt wird und 10
 - wobei ein aus dem Bedienerbefehl ermittelter Steuerbefehl mittels der Datenübertragungseinrichtung (3) an das Fahrzeug (2) übertragen und im Fahrzeug (2) umgesetzt wird. 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

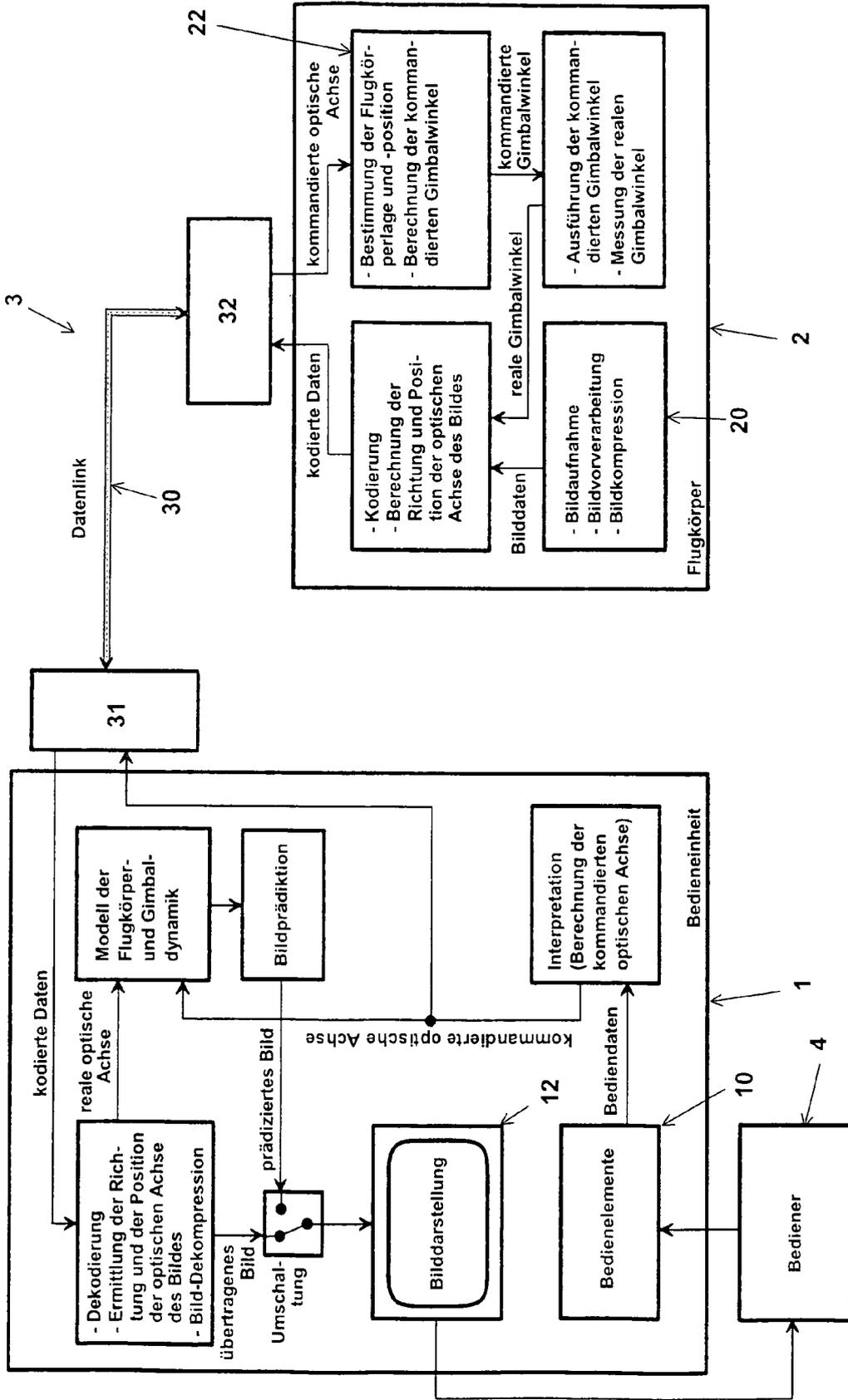


Fig. 1

Fig. 2B

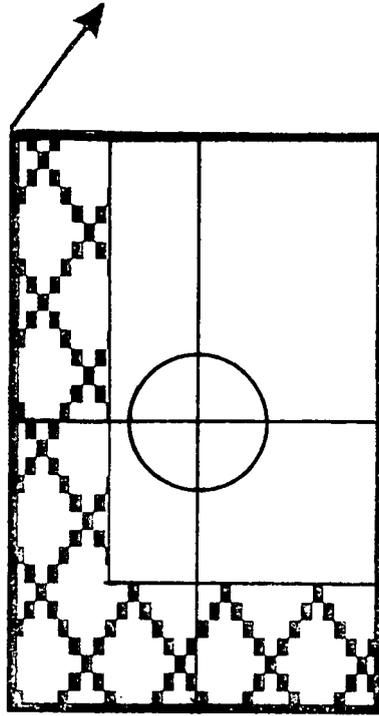
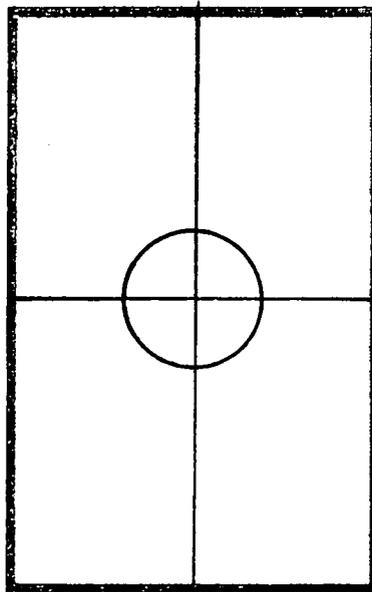


Fig. 2A



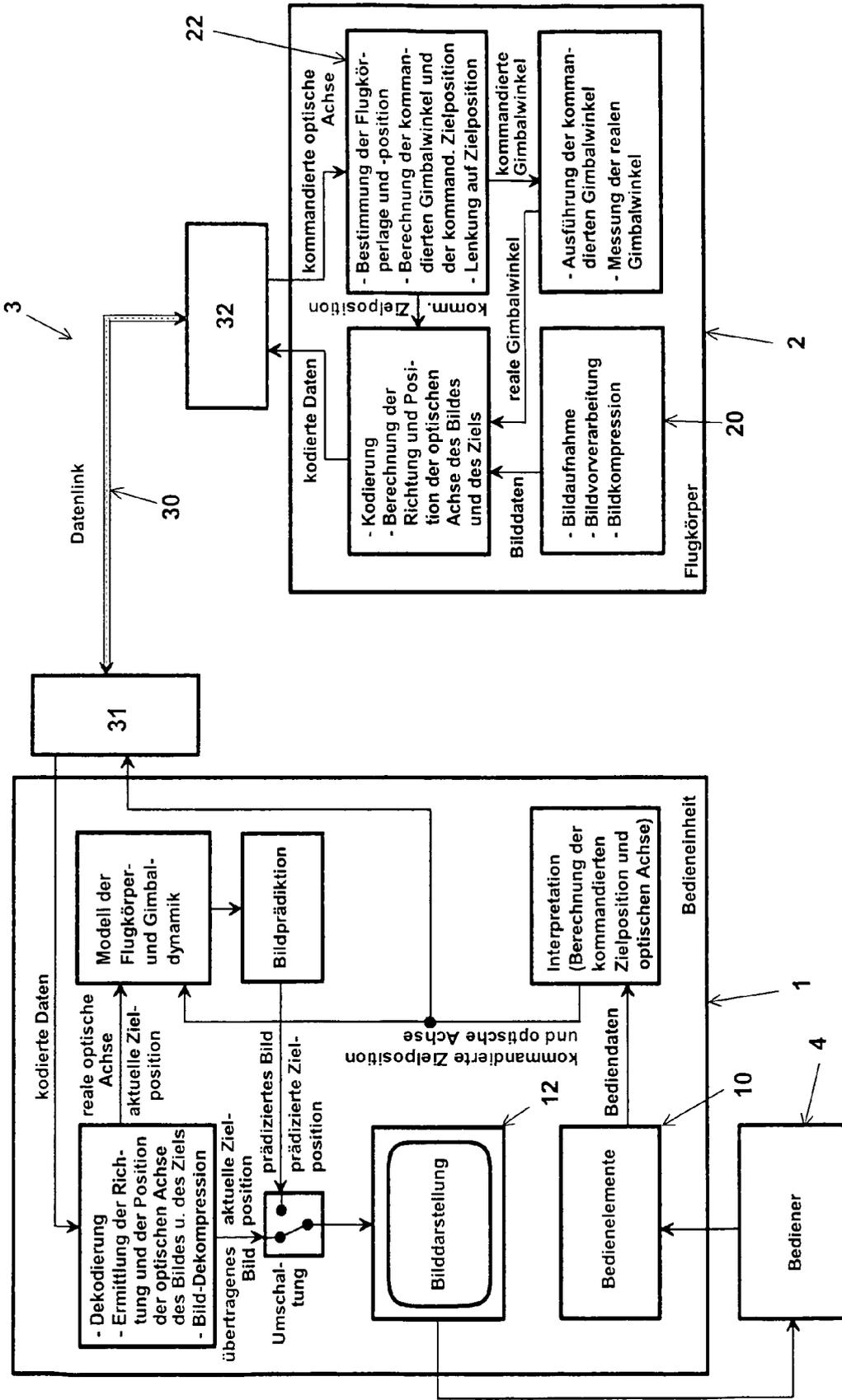


Fig. 3

Fig. 4B

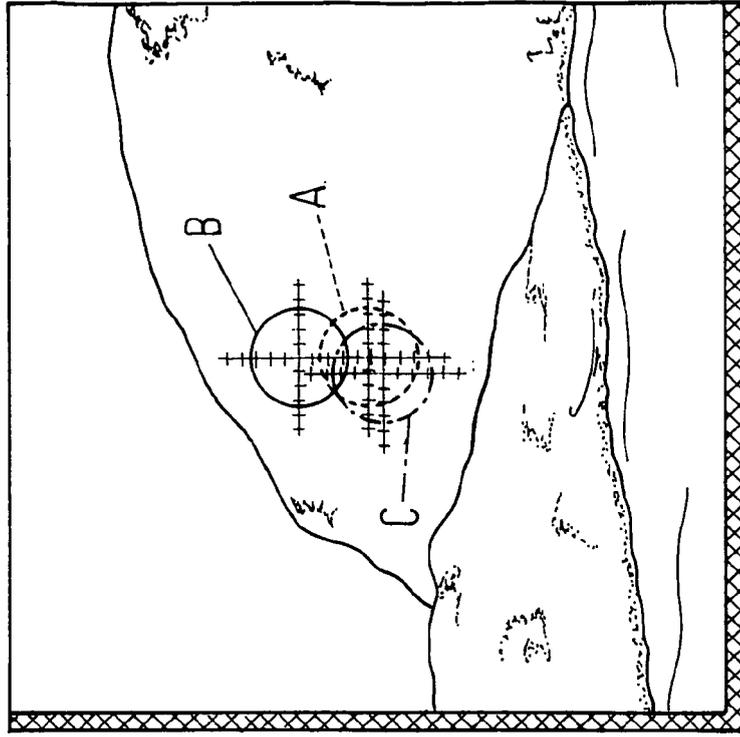


Fig. 4A

